

Fonti energetiche e sistemi forestali e il loro ruolo nelle RES

Energia e Sostenibilità nel XXI secolo

Mara Thiene

Dip. Territorio e Sistemi Agro-forestali

049-8272760

mara.thiene@unipd.it

Struttura della Presentazione

Parte Prima:

1. Fonti energetiche alternative e risorse rinnovabili: le biomasse legnose e il ruolo strategico nella politica italiana delle energie rinnovabili
2. I prelievi forestali di legna da ardere e i consumi: alcuni dati

Parte Seconda:

1. Analisi della domanda di energia e valore delle risorse ambientali.
2. I determinanti della domanda per l'adozione di forme di approvvigionamento energetico basati su rinnovabili.
Analisi di casi di studio.

Parte prima: Le Biomasse

Biomassa: *"la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani"* (D.E. 2009/28/CE).

Una possibile classificazione delle biomasse:

1. Solide: forestali (legname, anche da agricoltura)
2. Liquide:
 - bioetanolo: canna da zucchero, bietole e mais (fermentazione)
 - biodiesel: colza, soia, palma (spremitura)
 - biogas: rifiuti vegetali e liquami (digestione/fermentazione anaerobica)

Le Biomasse Legnose in Italia

- *International Energy Agency (IEA)*: biomasse sono uno **'sleeping giant'** delle energie rinnovabili
- **Qual è il quadro di riferimento in Italia relativamente a offerta?**
- Biomasse: ruolo **strategico e prioritario** nella **politica italiana** delle energie rinnovabili
- **Piano di Azione Nazionale (PAN)** - giugno 2010, DIR 28/2009. Entro il 2020:
 - **17% dei consumi energetici coperti con rinnovabili**
(2018: raggiunto 17.8% <https://www.gse.it/dati-e-scenari/statistiche>)
 - **biomassa: 44%** dei consumi da fonti rinnovabili

Stime Piano Azione Nazionale

Stima del contributo totale [consumo finale di energia] previsto per ciascuna tecnologia che utilizza energie rinnovabili in Italia al fine di conseguire gli obiettivi vincolanti fissati per il 2020 e del contributo alla traiettoria indicativa provvisoria per le quote di energia (Ktep)

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Energia geotermica (escluso calore geotermico a bassa temperatura nelle applicazioni di pompe di calore)	23	37	41	46	50	55	61	67	74	82	91	100
Solare	27	111	143	184	237	306	394	508	655	843	1.087	1.400
Biomassa:	1.655	2.232	2.437	2.661	2.907	3.177	3.474	3.803	4.166	4.569	5.018	5.520
solida	1.629	2.201	2.398	2.612	2.846	3.101	3.378	3.680	4.009	4.368	4.759	5.185
biogas	26	23	28	34	40	48	58	69	82	99	118	141
bioliquidi (1)	0	8	11	15	20	28	39	54	74	102	141	194
Energia rinnovabile da pompe di calore:	212	1.612	1.684	1.759	1.838	1.920	2.006	2.096	2.190	2.289	2.397	2.500 *
— di cui aerotermica	176	1.246	1.298	1.352	1.408	1.467	1.528	1.592	1.659	1.728	1.800	1.875
— di cui geotermica	19	250	265	281	298	316	335	356	377	400	424	450
— di cui idrotermica	16	116	121	126	131	137	143	149	155	161	168	175
Totale	1.916	3.992	4.305	4.650	5.032	5.458	5.936	6.474	7.085	7.783	8.587	9.520
Di cui teleriscaldamento (2)	80	144	173	208	250	300	360	433	520	624	749	900
Di cui biomassa in nuclei domestici (3)	1.145	1.465	1.599	1.745	1.905	2.080	2.271	2.479	2.706	2.954	3.224	3.520

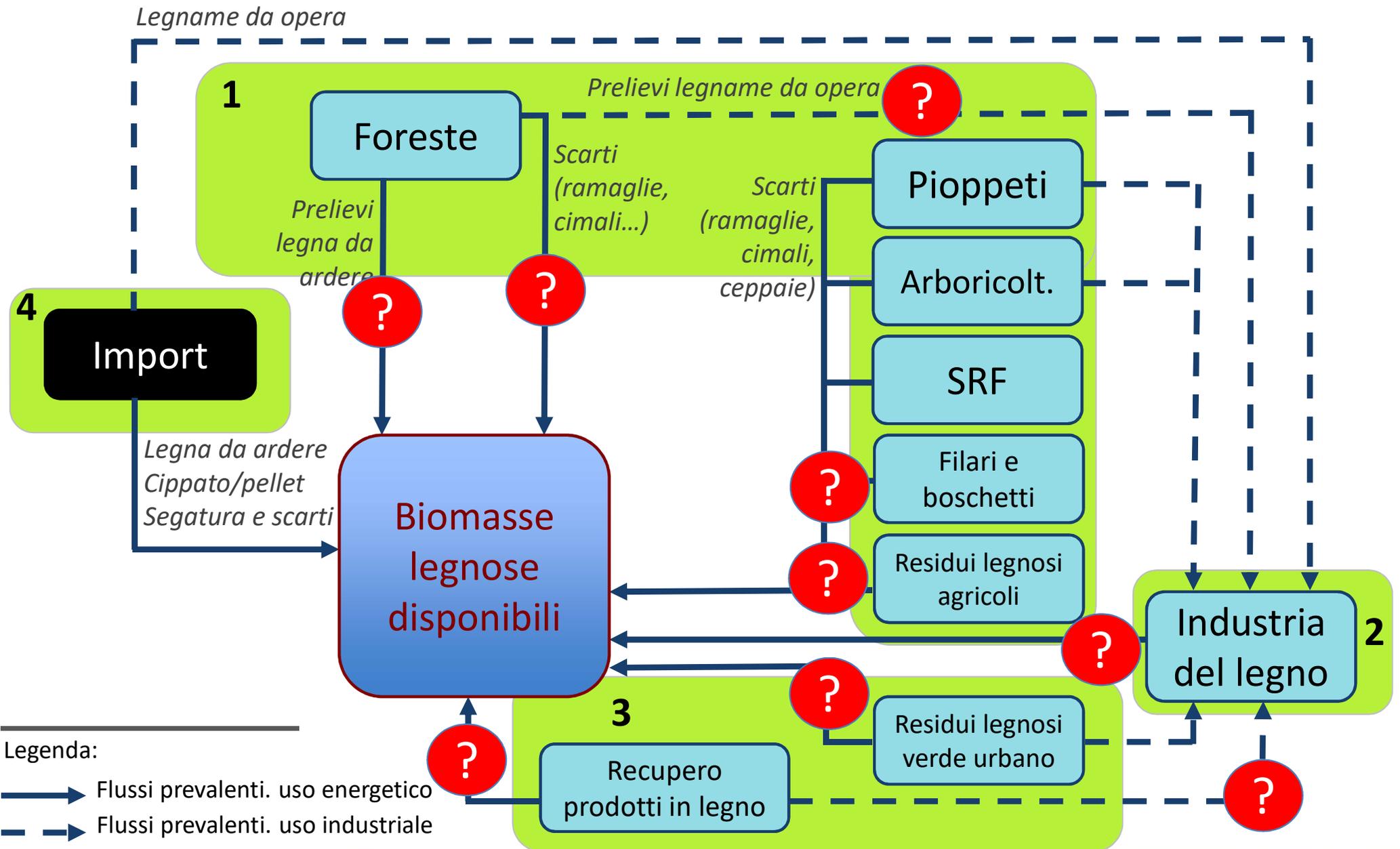
Fonte: PAN, 2011 p. 156

Su totale FER al 2020

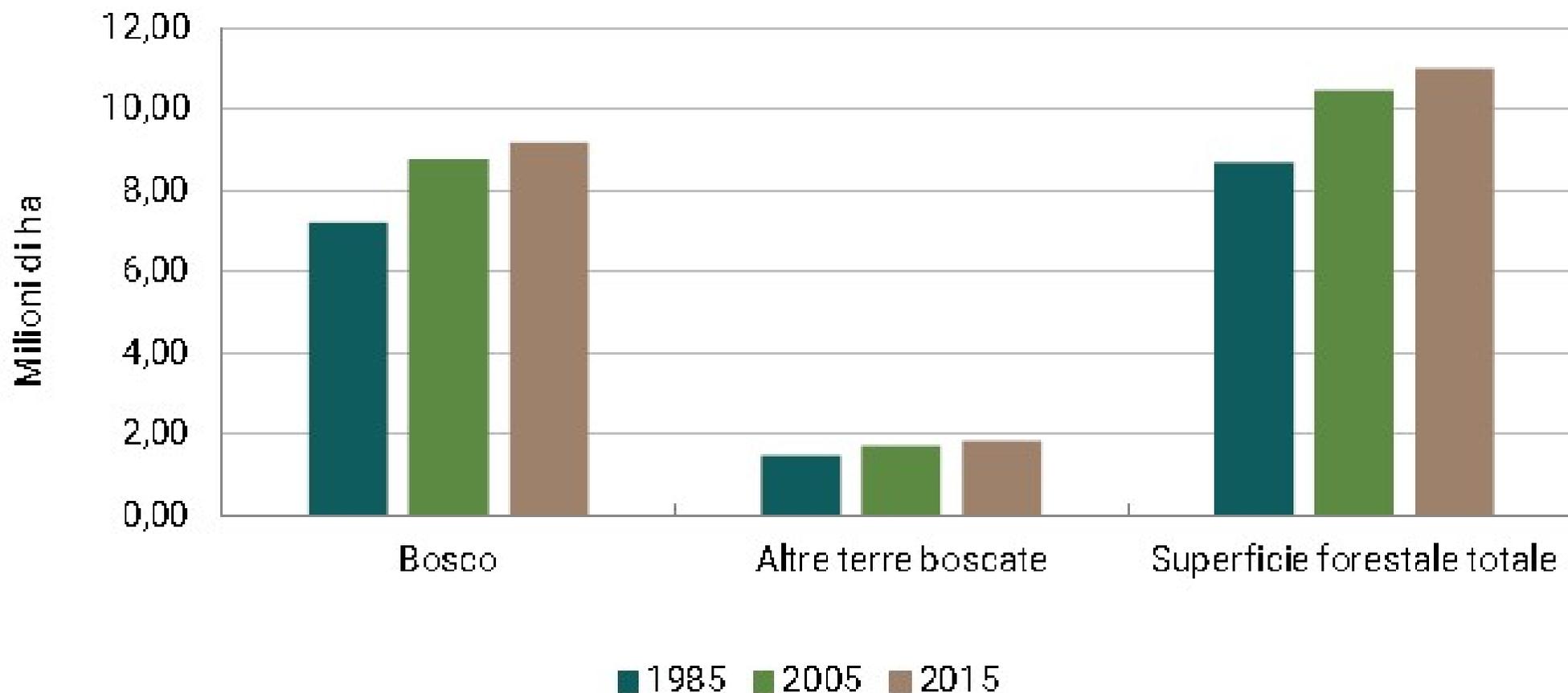
Biomassa totale sul tot FER: 58%

Biomassa solida sul tot FER: 54%

Fonti di biomasse legnose in Italia: 4 aree di riferimento



Superficie forestale: evoluzione nel tempo



Superficie forestale di proprietà pubblica: 33%

(Rapporto sullo Stato delle Foreste, 2019)

Superfici e Prelievi Forestali

Patrimonio forestale nazionale 2015 (2018): 10,9 Mha (37,8% sup naz.) (RAF, 2019; Global Forest Resource Assessment, FAO)

Sup Legnosa 1990-2015: **+21.5%** (Europa **+5.6%**)

Interventi rimboschimento + ricolonizzazione (fenomeni abbandono, politiche non basate su gestione attiva)

Prelievi legnosi m³/ha (Dati Eurostat)

	2000	2005	2010	2015
Italia	0,93	0,83	0,71	0,60
Unione Europea (27)	2,34	2,52	2,39	2,41

(Rapporto sullo Stato delle Foreste, 2019)

(Pettenella, Andrighetto, Masiero, 2014; Pettenella, 2016)

Cortina d'Ampezzo: Fotoconfronto 1903-1958-2004

Fotografia 2.9 Cortina, versante est, panoramica da Pocol, anno 1903.



(fonte: Zardini S., Zardini N., 2002 – Ritratto inedito di una signora: pg. 14).

Fotografia 2.10 Cortina, versante est. Panoramica da Pocol, anno 1958.

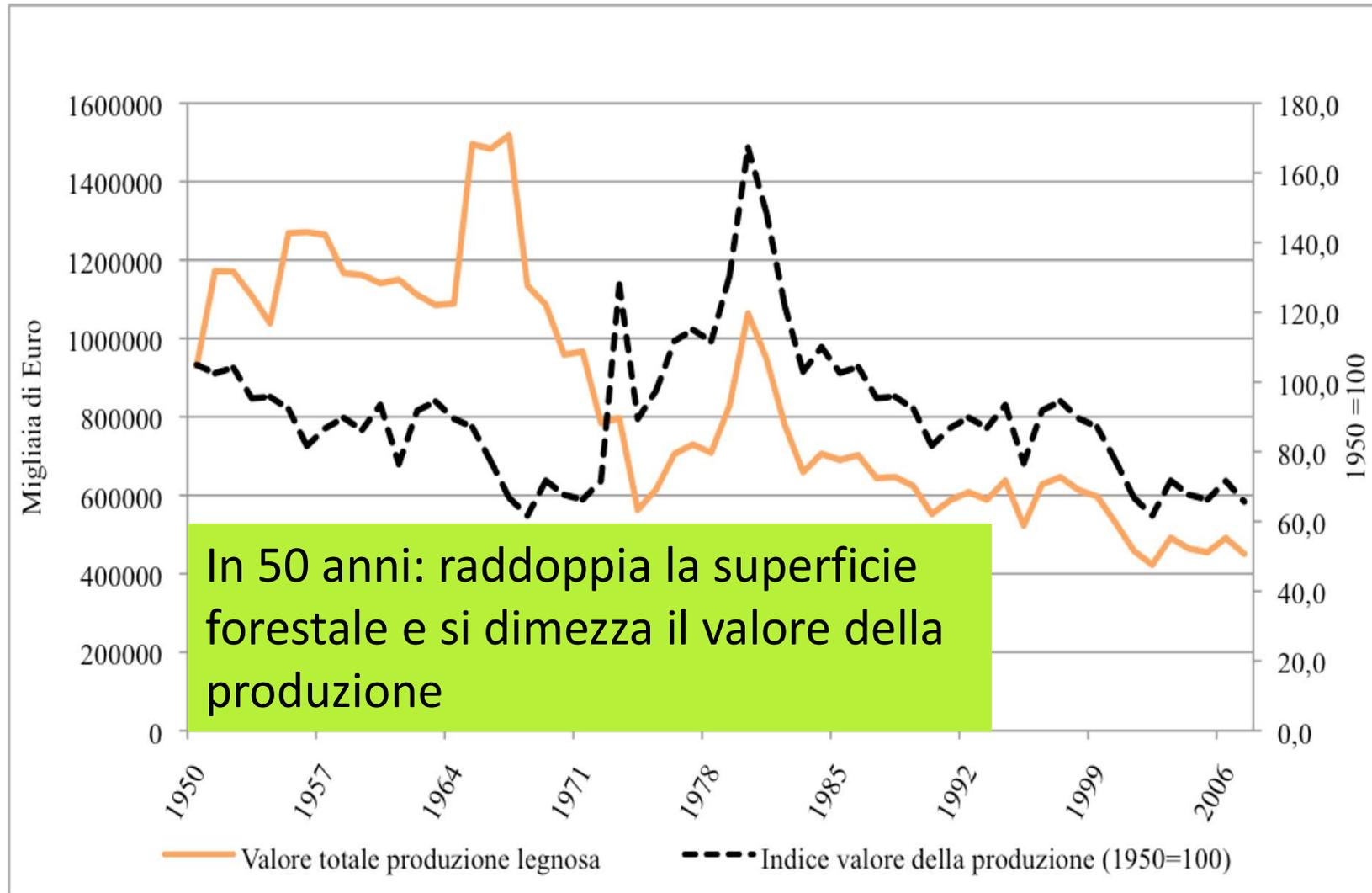


(fonte: archivio Lacedelli).

Fotografia 2.11. Cortina, versante est, panoramica da Pocol. Anno 2004.



Andamento del valore della produzione di legname in Italia (1950-2007)

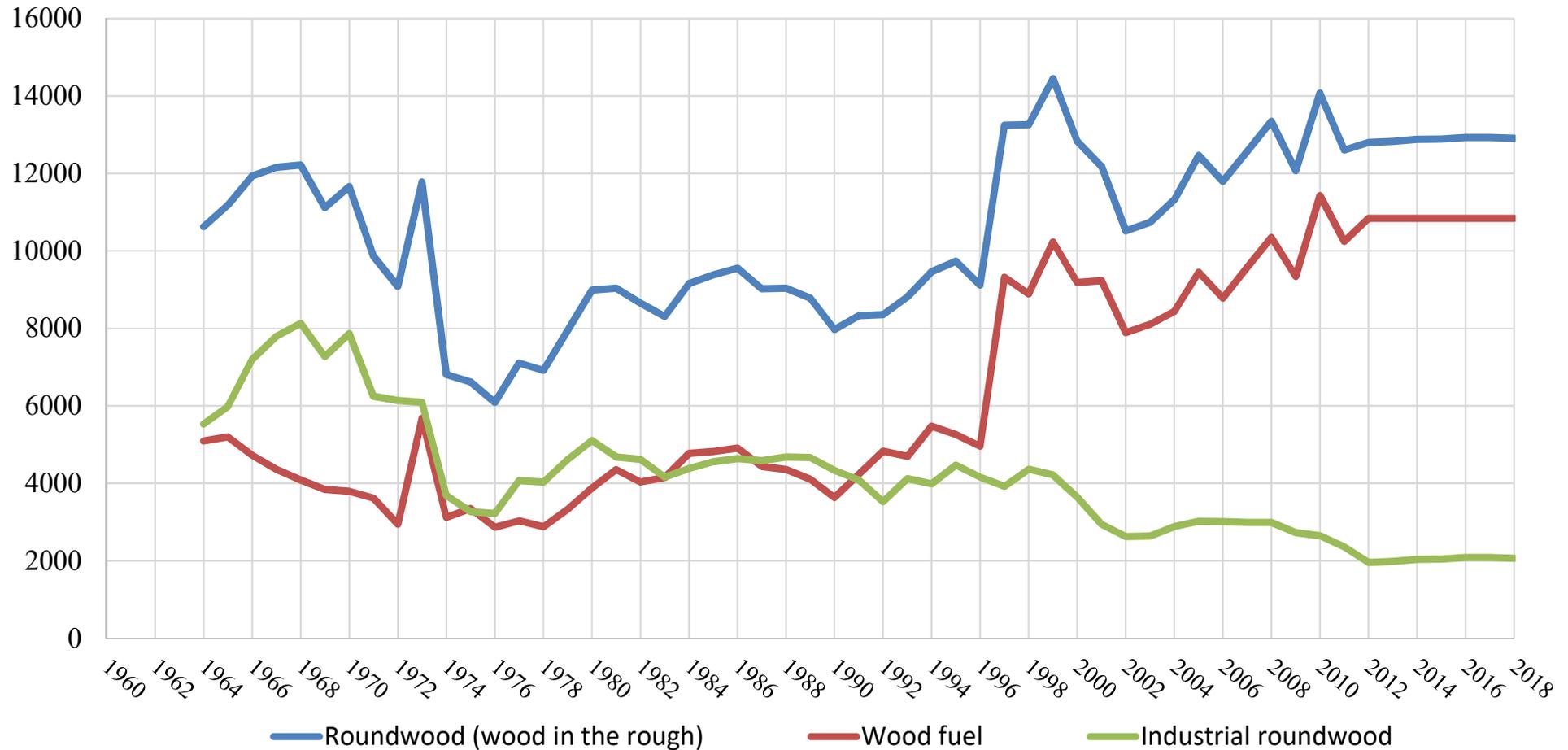


Fonte: elaborazione su dati ISTAT, anni vari

(Masiero, 2013)

Andamento delle tipologie di prelievi di legname in Italia (1960-2018)

Prelievi Italia (mc eq.)



(Elaborazione su dati UNECE/FAO TIMBER database, 2020)

Stime biomassa legnosa disponibile in Veneto

Comparti produttivi	Disponibilità (t/anno)	MWh	ktep	%
Forestale: legna da ardere	569.798	1.270.650	109	44%
Forestale: cippato A	166.626	371.576	32	13%
Forestale: cippato B	118.032	263.211	23	9%
Potature da colture legnose agricole	167.021	372.457	32	13%
Potature (legno) verde pubblico-privato	54.651	121.872	10	4%
Cedui a corta rotazione (SRC) e pioppeti da trancia	26.220	58.471	5	2%
Industria prima lavorazione del legno (segherie)	25.650	57.200	5	2%
Pellet	73.094	336.232	29	12%
Totale	1.201.092	2.851.669	245	100%

(Piano Energetico Regionale, 2017)

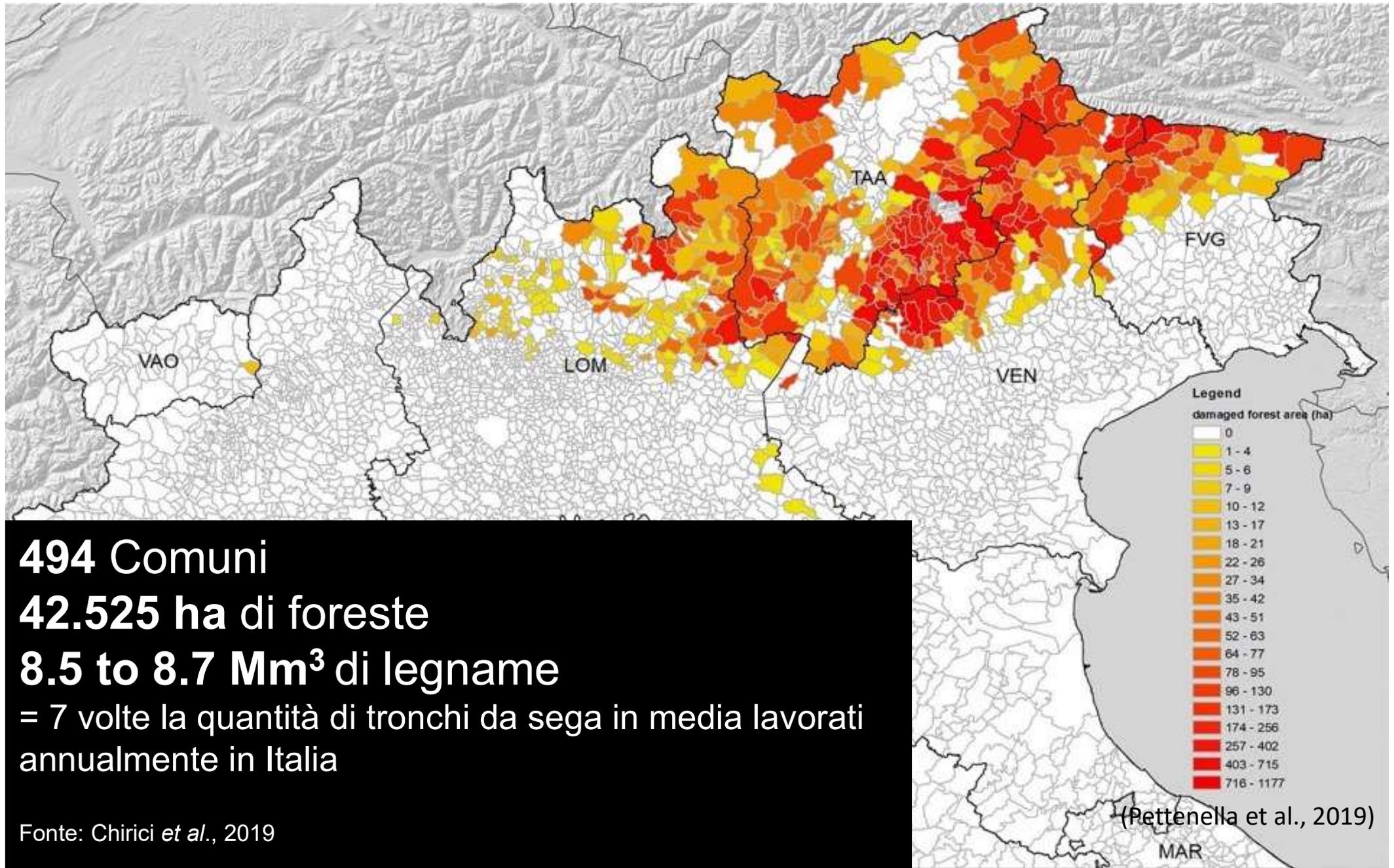
An aerial photograph of a mountain valley. On the left, a small village with several buildings and a winding road is visible. The surrounding hills are covered in dense forest. A large, prominent area on the right side of the image shows a massive landslide, with a thick layer of fallen trees and debris covering the slope. The text 'VAIA: danni, andamento vendite e prezzi' is overlaid in large white letters on the right side of the image.

VAIA: danni, andamento vendite e prezzi

29 Ottobre 2018

(Pettenella et al., 2019)

Superficie forestale distrutta dalla tempesta Vaia per Comune



494 Comuni

42.525 ha di foreste

8.5 to 8.7 Mm³ di legname

= 7 volte la quantità di tronchi da sega in media lavorati annualmente in Italia

Fonte: Chirici *et al.*, 2019

(Pettenella *et al.*, 2019)

Dati sui danni (unici dati ufficiali complessivi)

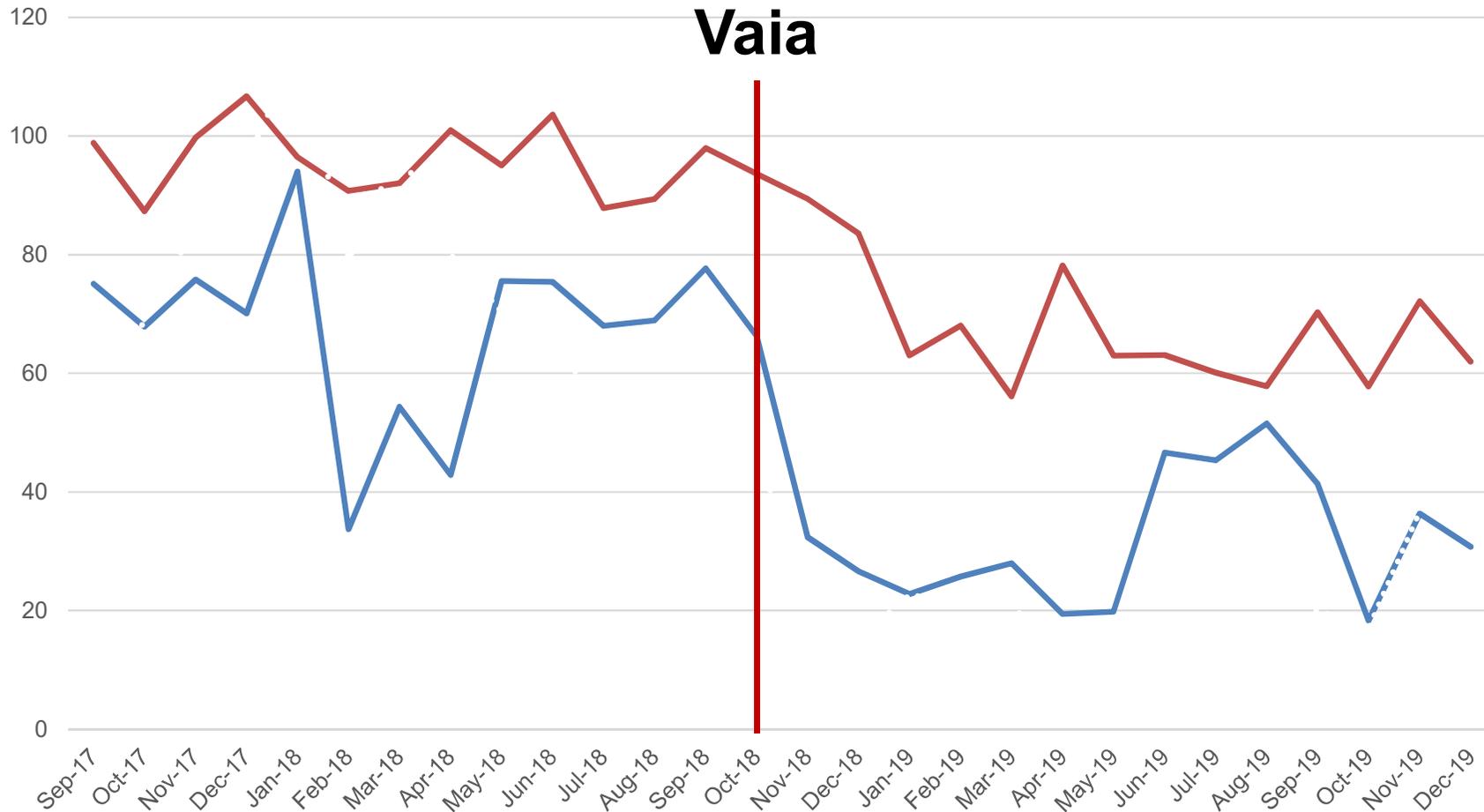
	<i>ha</i>	<i>1.000 mc</i>
Veneto	12.114	2.500
PATN	18.300	3.300
PABZ	4.200	1.500
FVG	3.600	950
Lombardia	3.200	400
Totale	41.491	8.690

49.910 ha; 9,6 M mc

Dati non ufficiali

Comunque un dato di volume ancora sottostimato (mancano i dati sui danni sporadici)

Prezzi medi del legname in piedi e allestito (€/mc)



(Elaborazioni di A.Udali su dati PATN, Portale del legno. Pettenella et al., 2019)

La domanda di Biomassa

Domanda (3 principali tipologie di consumo):

- **Consumi residenziali:** dati ufficiali ISTAT (2014!);
indagini spot: ENEA, ANPA-ARPA, AIEL (Associazione Italiana Energie Agroforestali),....
GSE (Gestore dei Servizi Energetici)
- **Reti teleriscaldamento di cogenerazione:** > 85 impianti (?), di cui parte cogenerazione, dati parziali, solo Energia Elettrica
- **Grandi impianti (Energia Elettrica):** 45...400-500 Mwe, dati parziali, solo EE.

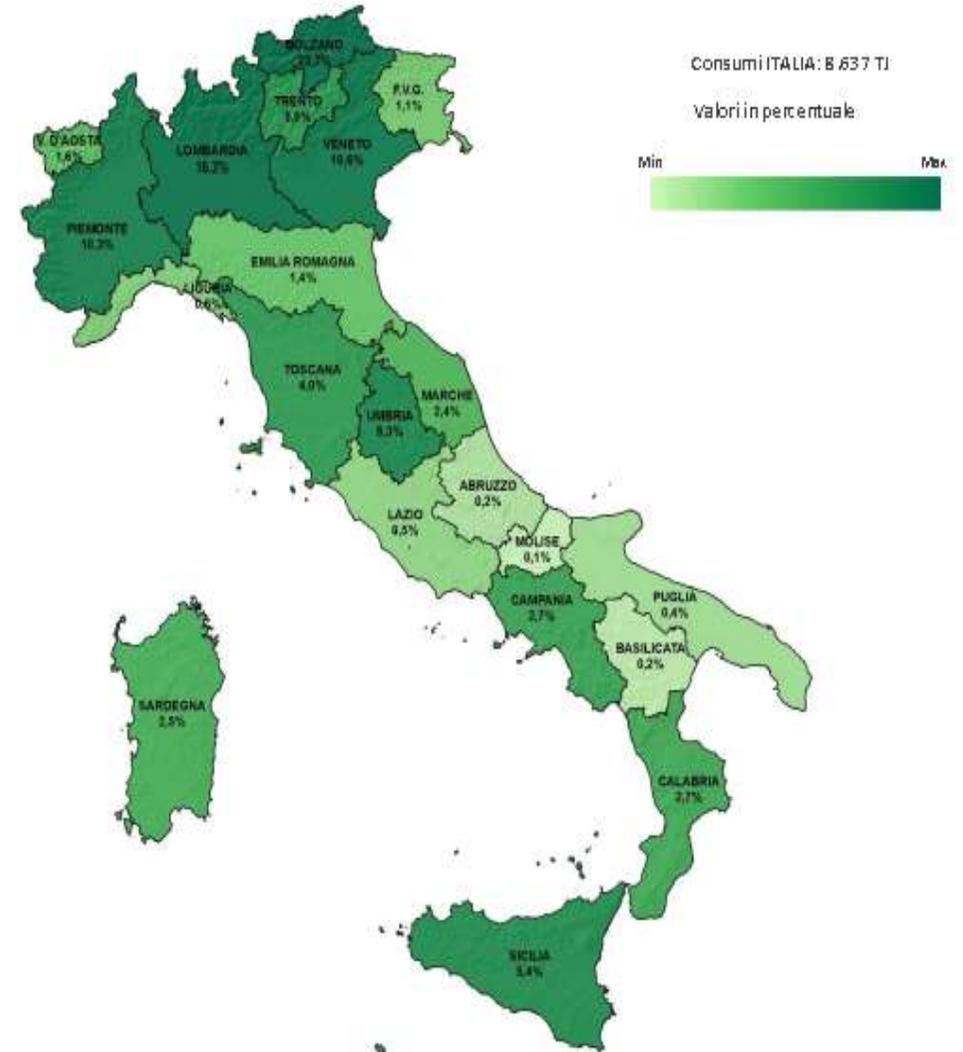
Consumi di biomasse solida in Italia

(% per regione su totale nazionale)

Residenziale



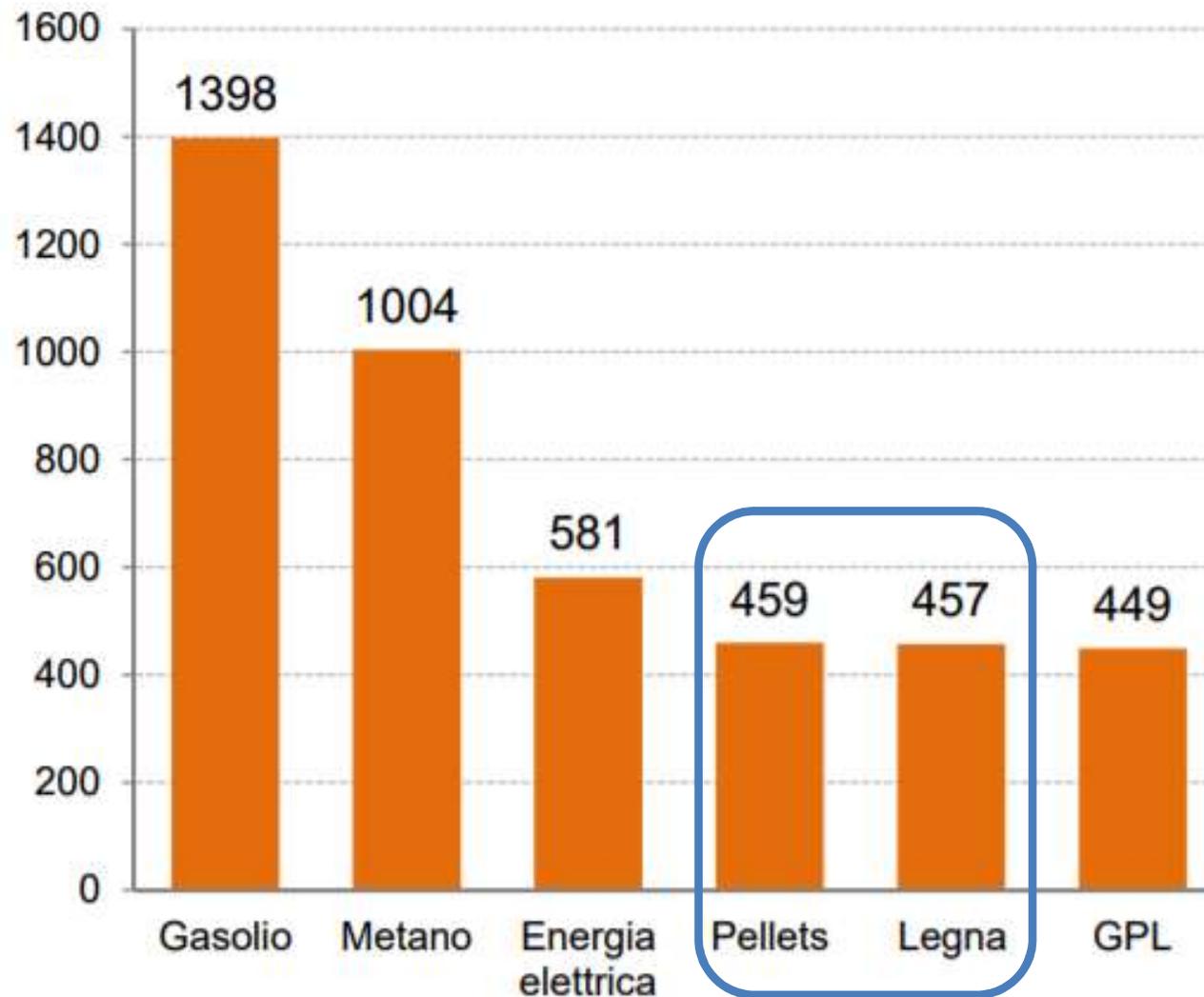
Industriale



Consumi diretti di biomassa solida nel settore residenziale

	Potere calorifico inferiore (MJ/kg)	2016		2017		2018	
		Quantità utilizzata (1000 tonn.)	Energia (TJ)	Quantità utilizzata (1000 tonn.)	Energia (TJ)	Quantità utilizzata (1000 tonn.)	Energia (TJ)
Legna da ardere	13,911	15.991	222.456	17.481	243.184	15.940	221.735
prime case		15.820	220.070	17.225	239.615	15.709	218.532
seconde case		171	2.386	257	3.568	230	3.203
Pellet	17,284	1.976	34.161	2.203	38.070	2.205	38.116
prime case		1.957	33.821	2.171	37.525	2.174	37.580
seconde case		20	340	31	544	31	536
Carbone vegetale	30,8	60	1.848	54	1.663	62	1.895
Totale		18.028	258.465	19.738	282.916	18.206	261.746

Spesa media per il riscaldamento domestico per famiglia (€)



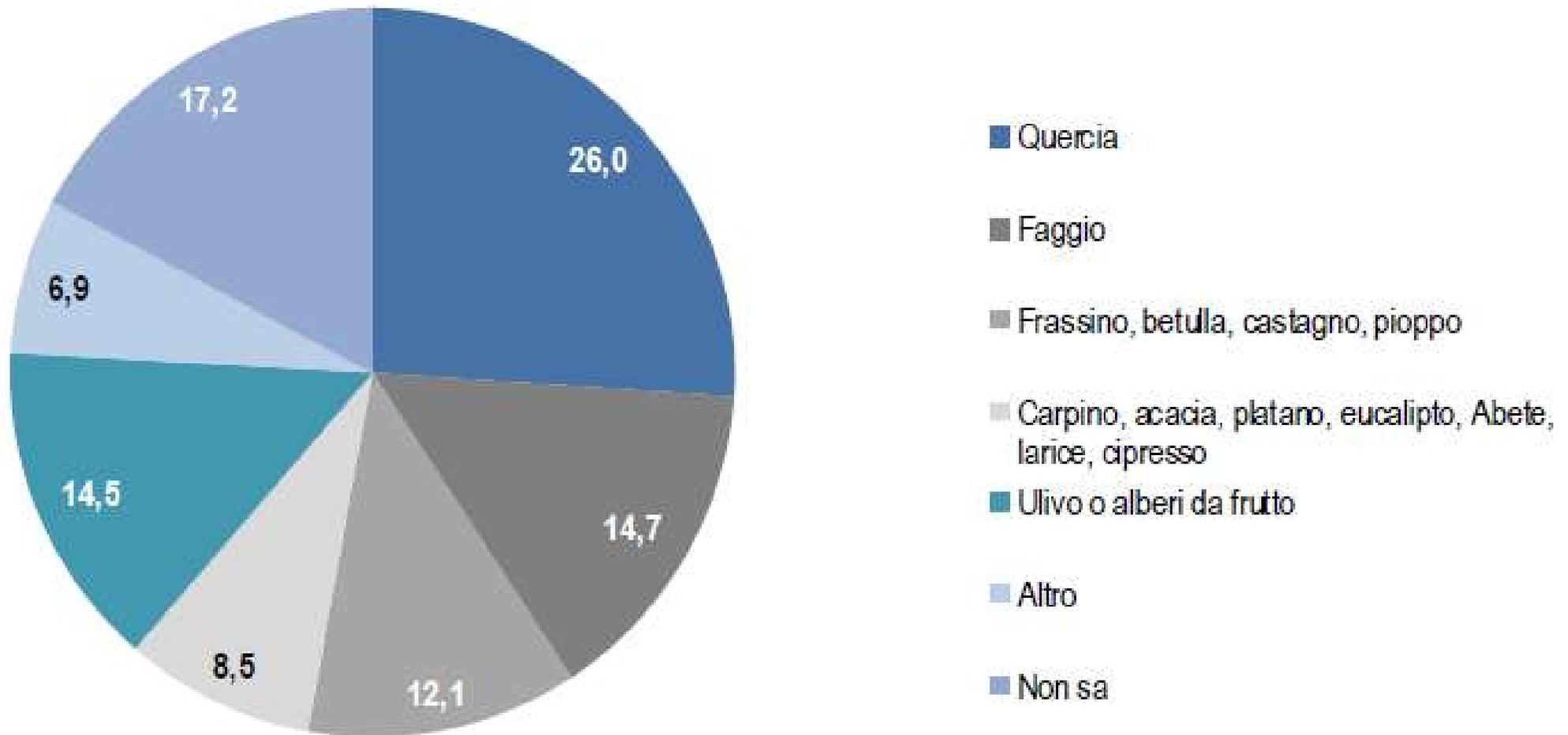
(ISTAT, 2014)

Ripartizione delle spese per il consumo energetico nelle famiglie (€ e %)

	ENERGIA ELETTRICA	METANO	GASOLIO	GPL	LEGNA O PELLETS	SPESA MEDIA PER CONSUMI ENERGETICI
RIPARTIZIONE TERRITORIALE						
NORD – OVEST	29.1	60.4	4.6	3.0	2.9	1790
NORD – EST	31.4	53.8	5.4	4.8	4.5	1872
CENTRO	36.8	48.4	3.3	5.9	5.5	1527
SUD	45.5	35.3	2.6	9.6	7.0	1387

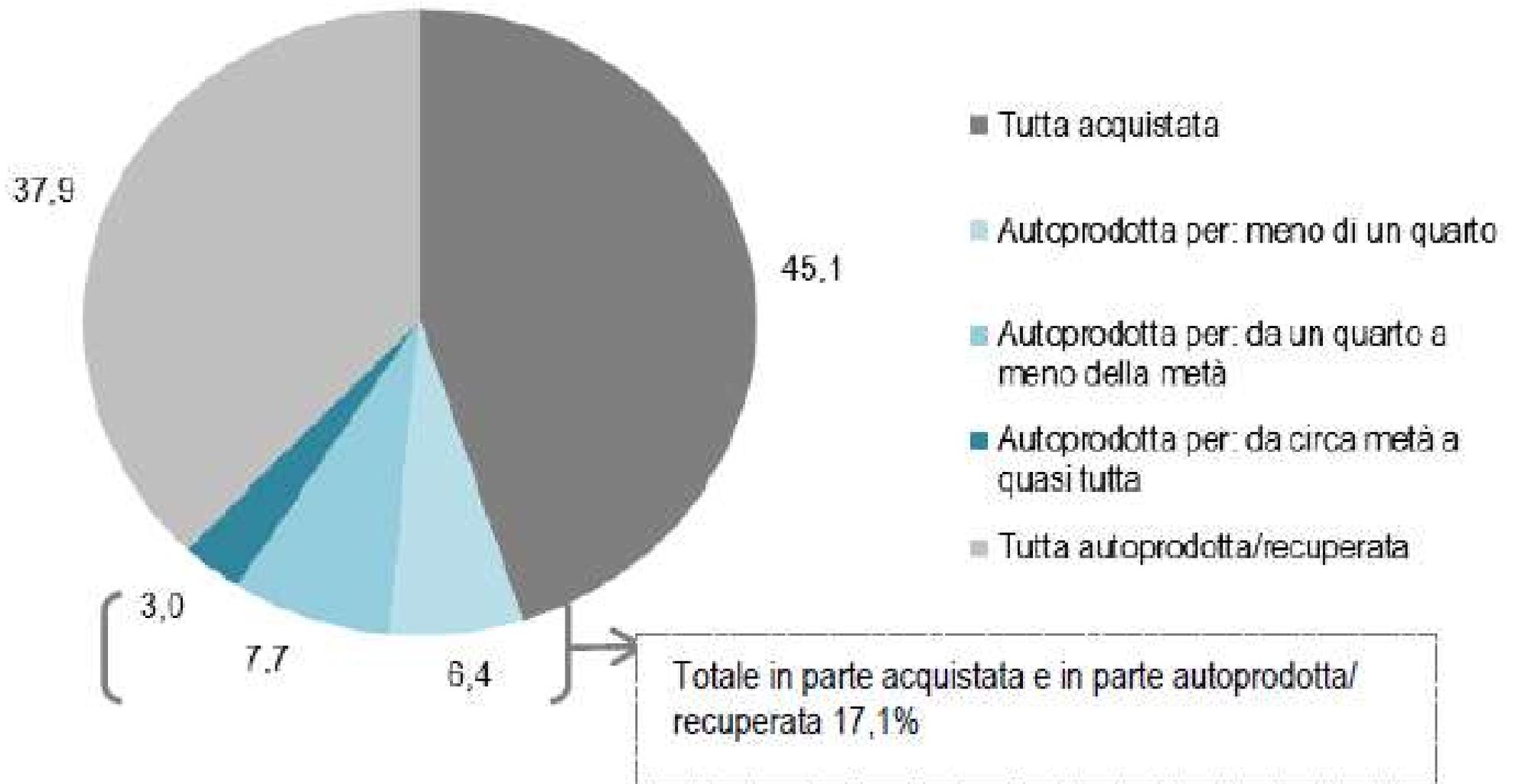
(ISTAT, 2014)

Famiglie per tipologia di legna prevalentemente utilizzata (%)



(ISTAT, 2014)

Famiglie per canale di approvvigionamento della legna (%)



(ISTAT, 2014)

Utilizzatori di biomassa nel Bacino Padano (recente indagine ARPAV!)

Regione	legna	pellet	cippato	bricchette	biomasse totali	utilizzatori frequenti
Valle d'Aosta	31.8%	9.3%	0.4%	0.0%	38.9%	37.2%
Piemonte	20.7%	7.3%	0.2%	0.1%	26.2%	24.4%
Lombardia	10.8%	4.0%	0.2%	0.0%	14.4%	12.7%
Veneto	23.9%	6.9%	0.3%	0.3%	29.7%	28.6%
Friuli Venezia Giulia	29.1%	5.2%	0.1%	0.1%	33.2%	31.2%
Emilia Romagna	15.8%	3.3%	0.1%	0.0%	18.5%	16.7%
Provincia autonoma di Bolzano	30.8%	7.2%	2.1%	1.5%	37.7%	36.9%
Provincia autonoma di Trento	40.6%	5.0%	0.8%	0.2%	44.6%	42.5%
Totale complessivo	17.7%	5.1%	0.2%	0.1%	21.9%	20.3%

Nota: La % biomassa tot è leggermente inferiore alla somma perchè presenti casi di uso misto.

(ARPAV, 2020)

Stima dei consumi annuali di biomassa per regione (t/anno)

	Stima 2018		Indagine ISTAT 2013	
	pellet	legna	pellet	legna
Valle d'Aosta	11,624	66,246	13,368	74,241
Piemonte	249,833	1,227,531	138,203	1,759,641
Lombardia	282,245	1,134,936	250,018	1,461,341
Veneto	227,385	1,288,429	192,823	1,589,578
Friuli Venezia Giulia	47,510	464,119	53,134	565,285
Emilia Romagna	117,243	799,122	85,589	828,609
Provincia autonoma di Bolzano	27,213	299,118	36,185	312,741
Provincia autonoma di Trento	19,027	360,812	16,906	350,235
Totale complessivo	982,081	5,640,312	786,226	6,941,671

(ARPAV, 2020)

Consumi medi per famiglia di pellet e legna da ardere (t/anno)

Regione	consumi medi pellet		consumi medi legna	
	2018	ISTAT 2013	2018	ISTAT 2013
Valle d'Aosta	1.9	1.6	3.0	3.6
Piemonte	1.6	1.5	2.5	4.1
Lombardia	1.5	1.3	2.1	2.6
Veneto	1.5	1.7	2.2	2.9
Friuli Venezia Giulia	1.5	1.4	2.2	3.2
Emilia Romagna	1.5	1.4	2.2	2.5
Provincia autonoma di Bolzano	1.6	2.4	3.1	3.2
Provincia autonoma di Trento	1.6	1.3	2.8	3.2

L'Importazione

La produzione di assortimenti a uso energetico risulta insufficiente a far fronte alla domanda interna: importazione consistente.

Trend importazioni in continua crescita: 5,2 Mt. (Pra e Pettenella, 2016).
Consumo totale in Italia: 27,3 Mt (CREA, Romano e Plutino, 2017)

Italia (CREA, Romano e Plutino, 2017, FAO Global Forest Product, 2018):

- primo importatore di legna da ardere,
- primo importatore di pellet ad uso residenziale (quarto tot),
- terzo importatore di residui e scarti legnosi,
- quarto importatore di cippato di conifere.

Principali partner commerciali dell'Italia per l'import

Principali paesi di provenienza di legna da ardere importata in Italia		Principali paesi di provenienza di pellet importati in Italia	
Paesi	Quantità (t)	Paesi	Quantità (t)
Bosnia Erzegovina	244.432	Austria	347.716
Croazia	158.895	Canada	186.104
Ucraina	129.720	Croazia	128.607
Slovenia	76.695	USA	120.546
Austria	13.699	Romania	111.328

Classifica in movimento, vedi slide successiva...

(Comtrade, 2014; Pettenella, Andrighetto, Masiero, 2014)

Produzione e Commercio Internazionale di pellet (2018)

FIGURE 21A. Wood pellet production

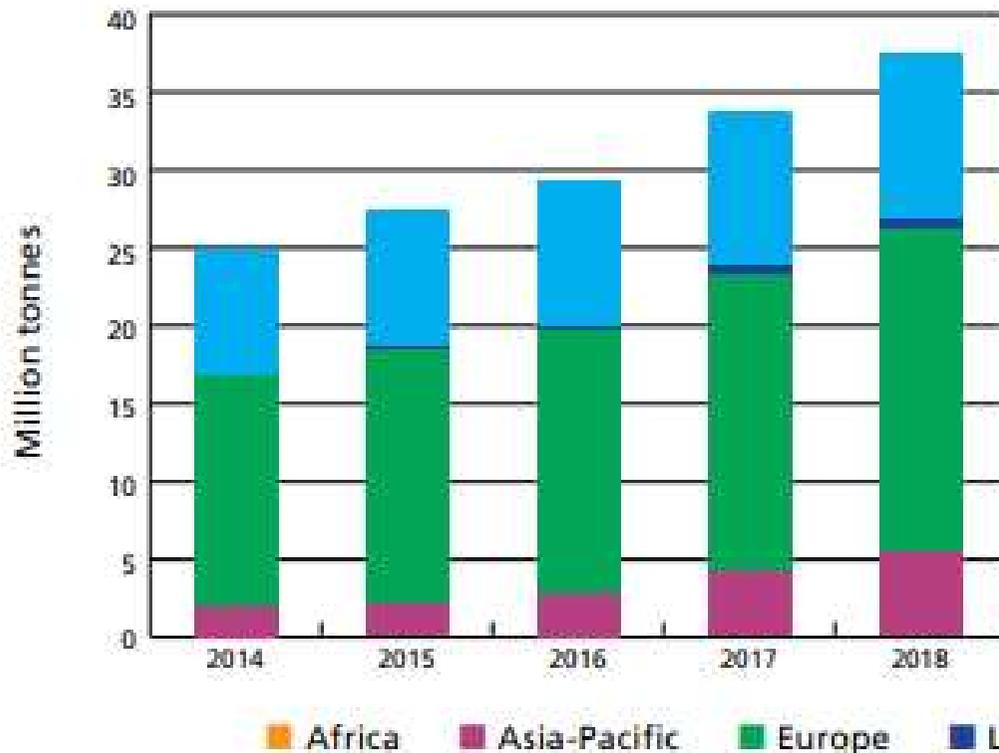
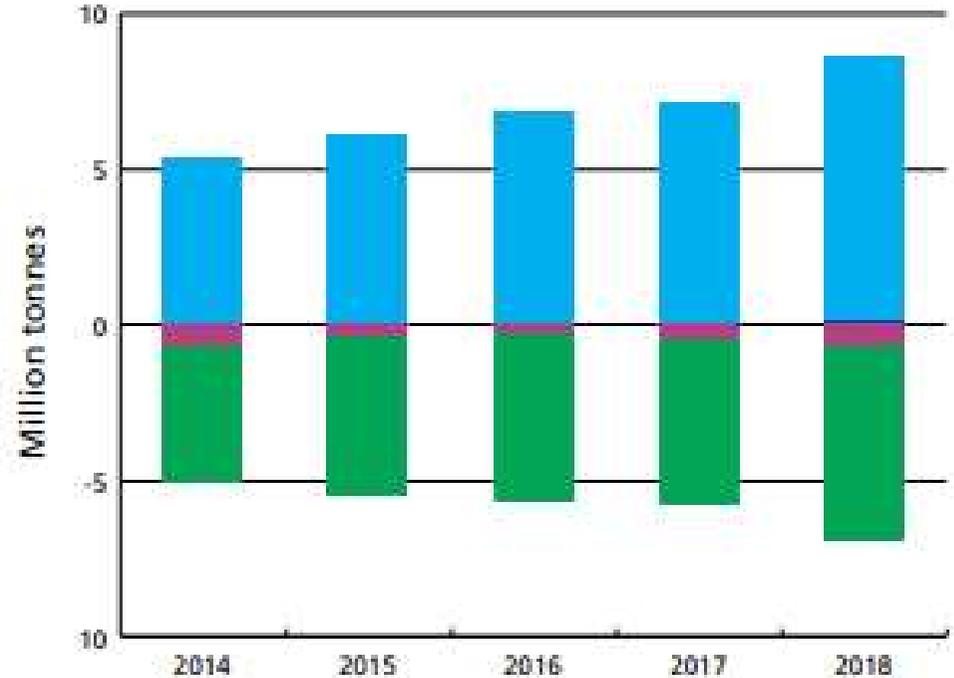


FIGURE 21B. Wood pellet net trade



(FAO Global Forest Report, 2018)

Criticità associate a Importazione

Criticità:

1. rischio di inefficienza energetica nel trasporto della biomassa e conseguenti emissioni di gas di serra in atmosfera;
2. materiale importato da gestione non sostenibile delle risorse forestali (tagli illegali?);
3. ricorso all'import non favorisce gestione attiva delle risorse forestali nazionali e potrebbe stimolare creazione impianti sovradimensionati rispetto all'offerta di biomasse a scala locale.

(Pettenella, Andrighetto, Masiero, 2014)

L'import di legname illegale

- Tagli irregolari
- Mancato rispetto norme di concessione
- Mancate autorizzazioni e titoli per l'accesso alla terra
- Contrabbando di legname (violazione di limiti all'export e all'import)
- Dichiarazioni false relative alle dimensioni, alla qualità, al valore della merce
- Contabilità falsificata
- Fenomeni corruttivi

(Masiero, 2015)

Legname illegale da paesi esportatori

L'Italia è un partner commerciale di rilievo per l'export di: Camerun, Romania, Bosnia E., Albania, Serbia,...

20-40% della produzione di legno a uso industriale = 350-650 M m³/anno

Perdite dovute al commercio di legno illegale: 30-100 Mld US\$/anno (10-30% del valore del commercio internazionale di legname)

PAESE	% TAGLI ILLEGALI
Bolivia	50%
Cambogia	94%
Camerun	35%
Colombia	42%
Congo	70-75%
Gabon	60-70%
Ghana	75%
Guatemala	95%
Indonesia	40%
Malesia	18%
Birmania	72%
Perù	70%
Rep. Dem. del Congo	87%
Brasile	34%
Laos	46%
Ucraina	20-30%
Benin	50%
Vietnam	18%
Russia	20%

(Masiero, 2015; Chatham house, USDA, WWF, Commissione Europea)

Legname illegale: conseguenze

- **Ambientali**

Degrado foreste, perdita biodiversità, emissioni CO₂, perdita di suolo, alterazione ciclo acqua, ...

- **Sociali**

Peggioramento condizioni comunità locali, diritti e sicurezza dei lavoratori, ...

- **Economiche**

Evasione fiscale, corruzione, concorrenza sleale, perdita di risorse economiche, ...

(Masiero, 2012)

Parte seconda: Analisi della Domanda di Energia e Valore delle Risorse Ambientali

Come si possono valutare (quantificare) sotto il profilo economico i benefici generati dalle risorse ambientali (inclusi quelli associati alla produzione di energia), che tipicamente non hanno un prezzo di mercato?

Esistono metodologie che consentono di stimare il valore economico dei cosiddetti beni o servizi che non hanno un mercato (*non market valuation methods*).

Tali metodologie possono essere anche adeguatamente impiegate per analizzare la domanda di **fornitura energetica**.

Quali sono le preferenze dell'utenza verso l'adozione di fonti di approvvigionamento energetico da rinnovabili?

Choice Models e Energia

I modelli a scelta discreta nel settore dell'energia consentono:

1. Analizzare i determinanti della domanda e stimare le disponibilità a pagare (WTP) per l'adozione di fonti energetiche alternative
2. Esplorare le preferenze dell'utenza verso diverse fonti di energia
3. Stimare il valore delle componenti ambientali (es. riduzione emissioni CO₂)
4. Simulare la diffusione di nuove fonti di energia (quote di mercato)
5. Fornire strumenti decisionali per ottimizzare la gestione delle fonti rinnovabili

Due Applicazioni Empiriche

- Analisi dei determinanti dell'adozione di diversi sistemi di riscaldamento nella regione Veneto
(*Franceschinis, Thiene, Scarpa, Rose, Cavalli, Moretto; 2017*)
- Analisi della propensione al passaggio da sistemi di riscaldamento tradizionali a quelli a biomassa
(*Franceschinis, Thiene, Scarpa, Rose, Cavalli, Moretto; 2016*)

Due domande di ricerca specifiche (*research questions* **RQ**):

1. La diffusione di sistemi a pellet è influenzata da fattori individuali (attitudinali e psicologici) **RQ1**?
2. Come varia la propensione all'adozione/acquisto di sistemi a basso impatto ambientale nel territorio **RQ2**?

Articolazione dello studio

1. Individuazione aree e campione di indagine
2. Predisposizione indagine per rilevazione dati
 - Questionario online (campione 1451 abitanti)
3. Raccolta dati per l'analisi econometrica
 - Esperimento di Scelta
4. Analisi econometrica
 - Modelli a scelta discreta: stima probabilità di adozione e disponibilità a pagare per sistemi riscaldamento

Esperimento di scelta

Scenari con sistemi di riscaldamento alternativi

Sistemi di riscaldamento:

- i. Legna
 - ii. Cippato
 - iii. Pellet
 - iv. Metano
 - v. Gasolio
 - vi. GPL
- Rinnovabili
- Non rinnovabili

Caratteristiche dei sistemi di riscaldamento:

Ambientali

Tecniche

Economiche

- i. Emissioni di CO₂
- ii. Emissioni di particolato fine
- iii. Durata dell'investimento
- iv. Lavoro richiesto
- v. Costo di installazione
- vi. Costo di esercizio

Caratteristiche dei sistemi di riscaldamento

Attributes and levels of the Choice Experiment.

Attributes	Firewood	Wood Chip	Wood Pellet	Methane	Oil	LP Gas
Investment cost (€)	9,500, 11,000, 12,500	11,500, 13,000, 14,500	13,000, 15,000, 17,000	4,000, 4,800, 5600	4,500, 5,500, 6500	4,000, 5,000, 6000
Investment duration (years)	15, 17, 19	17, 20, 23	16, 19, 22	16, 18, 20	16, 18, 20	14, 17, 20
Operating cost (€/year)	1200, 2000, 2800	2000, 2800, 3600	2,500, 3,750, 5000	4,000, 5,500, 7000	6,000, 8,000, 10,000	9,000, 12,500, 16,000
CO ₂ Emissions (kg/year)	150, 225, 300	300, 375, 450	375, 450, 525	3,000, 3,750, 4500	3,900, 4,575, 5250	3,525, 4,125, 4725
Fine particle emissions (g/year)	4,500, 6,000, 7500	2,250, 3,750, 5250	750, 1,500, 2250	15, 30, 45	150, 450, 750	15, 30, 45
Required own work (h/month)	5, 10, 15	1, 2, 3	1, 2, 3		0.5, 1, 1.5	0.5, 1, 1.5

RQ1: La diffusione di sistemi a pellet è influenzata da fattori individuali (attitudinali e psicologici)?

1. Teoria della diffusione delle innovazioni (Rogers, 2003)
2. Modello Latent Class – (Random parameter-LC):
segmentazione della popolazione in gruppi omogenei

Teoria della diffusione delle innovazioni

Formulata da Rogers (2003), spiega i fattori che influenzano la diffusione di prodotti innovativi all'interno di una società.

Tre fattori principali:

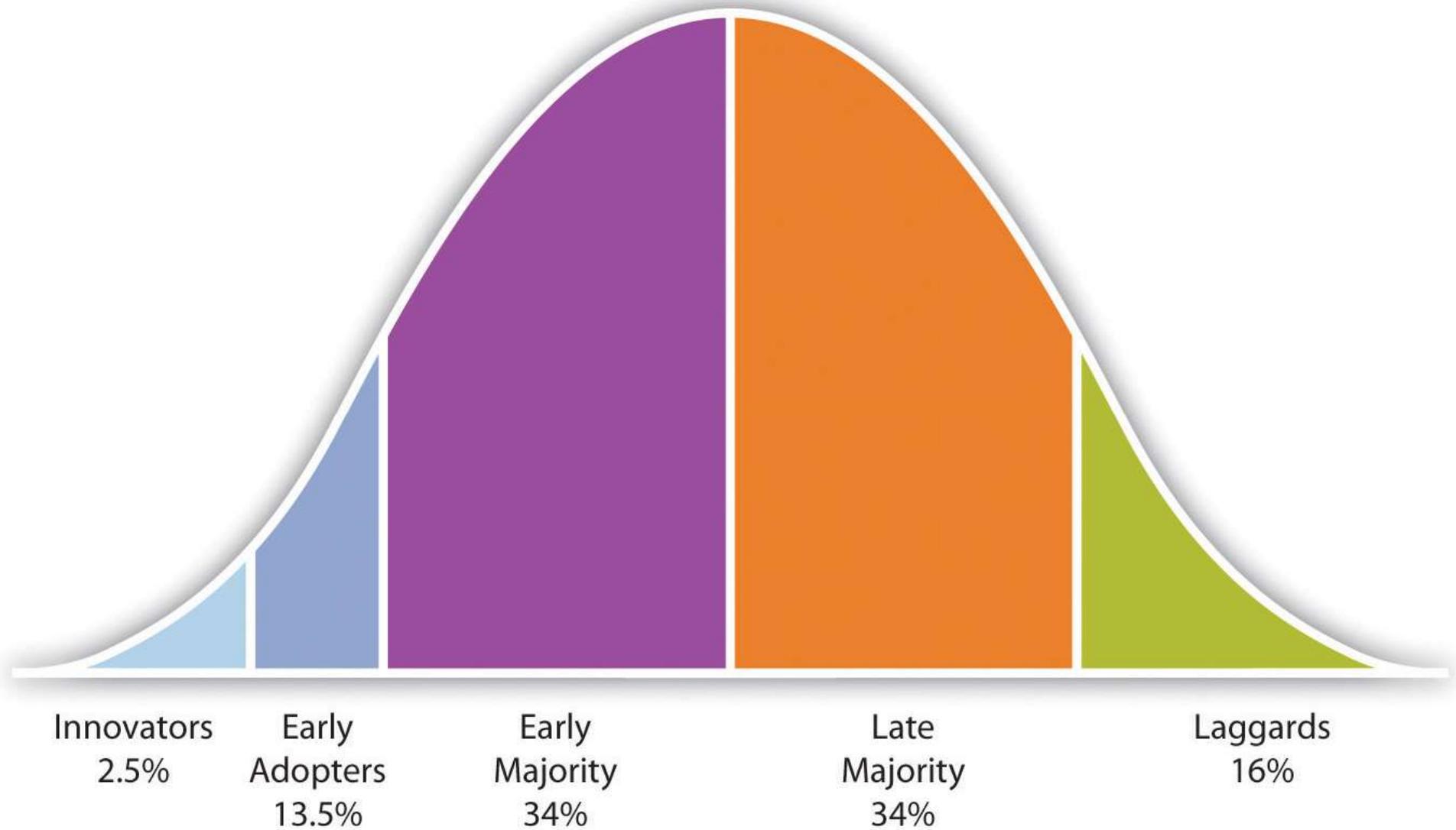
- 1) Percezione delle caratteristiche dell'innovazione
- 2) Propensione innata degli individui ad adottare innovazioni (tempo)
- 3) Canali di comunicazione

1) Percezione delle caratteristiche di innovazione

La teoria si concentra sulle seguenti caratteristiche:

- **Relative advantage:** Il grado in cui l'innovazione è percepita come migliore rispetto alle soluzioni già disponibili.
- **Compatibility:** coerenza dell'innovazione con i valori personali, l'esperienza precedente e i bisogni di chi la deve adottare.
- **Complexity:** grado in cui un'innovazione è percepita come difficile da comprendere e da utilizzare.
- **Triability:** Possibilità di poter sperimentare l'innovazione prima dell'adozione.
- **Observability:** Il grado in cui l'innovazione produce risultati visibili al prossimo.

2) Propensione all'adozione nel tempo



(Roger, 2003)

3) Canali di comunicazione

Disponere di informazioni sull'innovazione aumenta la sua probabilità di adozione.

Diversi canali di comunicazione hanno effetti diversi su specifici segmenti della popolazione.

Esempi:

- I mass media influenzano maggiormente gli innovatori;
- Le comunicazioni personali sono importanti per spingere l'utenza media (*early & late majority*) all'adozione.

Come misurare tali aspetti?

Domande attitudinali in scala likert (letteratura psicologia & sociologia)

Esempio (propensione all'adozione di innovazioni):

22. In una scala da 1 a 5, indica quanto sei d'accordo con ciascuna delle seguenti affermazioni (1 = per nulla d'accordo; 5 = completamente d'accordo).

	per nulla d'accordo			completamente d'accordo	
	1	2	3	4	5
Mi piace utilizzare innovazioni che impressionano le altre persone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mi piace possedere prodotti che mi distinguono da coloro che non li posseggono	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mi piace acquistare nuovi prodotti che sono ben visibili alle altre persone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se un nuovo prodotto è più comodo di quello che ho, non esito ad acquistarlo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se un nuovo prodotto rende più facile il mio lavoro, devo averlo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se un nuovo prodotto che mi permette di risparmiare tempo viene lanciato sul mercato, lo compro immediatamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Schema delle analisi

Quesiti attitudinali

Calcolo punteggio medio per individuo

Inclusione del punteggio medio nel modello econometrico
(Latent Class – Random Parameters, LC – RPL)



Segmentazione della popolazione in relazione
alla propensione ad adottare innovazioni



Analisi della variazione delle preferenze per i sistemi a biomassa
all'interno dei diversi segmenti

Risultati: stime modello LC – RPL (1/2)

Parameters	Class 1 – Early adopters (26.9%)			Class 2 - Laggards (29.1%)			Class 3 - Intermediate (44.0%)		
	Coeff.	t	MRS/op.cost	Coeff.	t	MRS/op.cost	Coeff.	t	MRS/op.cost
Class membership probability function									
Constant	-0.31	1.7	3.44	0.16	6.6	-1.33	-	-	-
Innovativeness	0.12	3	-1.33	-0.08	2.2	0.67	-	-	-
Fixed parameters β									
ASC firewood	1.55	3.1	-17.22	0.68	2.4	-5.67	0.99	2.7	-14.14
ASC chipwood	0.67	2.1	-7.44	0.41	0.7	-3.42	0.55	3.4	-7.86
ASC wood pellet	1.68	4.9	-18.67	-0.15	2.8	1.25	1.02	4.2	-14.57
ASC methane	1.43	5.8	-15.89	1.88	14	-15.67	1.56	14	-22.29
ASC oil	-0.48	2.2	5.33	-0.3	4.8	2.50	-0.36	4.8	5.14
Investment cost	-0.14	2.2	1.56	-0.23	3.9	1.92	-0.21	3.9	3.00
Operational cost	-0.09	6.1	1.00	-0.12	5.6	1.00	-0.07	5.2	1.00
Random coefficients (hyperparameters)									
μ Investment duration	0.21	2.5	-2.33	0.31	3.8	-2.58	0.33	4.1	-4.71
σ Investment duration	0.22	2.5	-2.44	0.15	4.4	-1.25	0.16	2.6	-2.29
μ CO ₂ Emissions	-0.16	3.9	1.78	-0.03	3.3	0.25	-0.09	3.6	1.29
σ CO ₂ Emissions	0.12	10.1	-1.33	0.06	6.6	-0.50	0.08	18.2	-1.14
μ Fine particles emissions	-0.11	-1.9	1.22	-0.04	0.8	0.33	-0.02	1.3	0.29
σ Fine particles	0.18	9.9	-2.00	0.19	12.4	-1.58	0.21	8.8	-3.00
μ Required own work	0.01	0.2	-0.11	-0.02	0.2	0.17	-0.05	1.1	0.71
σ Required own work	0.11	7.5	-1.22	0.23	11.3	-1.92	0.31	10.5	-4.43

Risultati: stime modello LC – RPL (2/2)

Parameters	Class 1 – Early adopters (26.9%)			Class 2 - Laggards (29.1%)			Class 3 - Intermediate (44.0%)		
Interaction terms functional constructs γ									
Pellet \times Complexity	-0.14	2.1	1.56	-0.22	1.9	1.83	-0.12	2.5	1.71
Pellet \times Compatibility	0.17	0.2	-1.89	0.22	4.8	-1.83	0.13	1.7	-1.86
Pellet \times Trialability	-0.04	5.8	0.44	0.11	4.2	-0.92	0.08	4.3	-1.14
Pellet \times Relative advantage	0.18	2.4	-2.00	0.24	5.4	-2.00	0.15	1.9	-2.14
Pellet \times Performance risk	-0.04	1.2	0.44	-0.31	7.7	2.58	-0.23	4.1	3.29
Pellet \times Social risk	0.02	2.1	-0.22	-0.09	3.8	0.75	-0.05	4.2	0.71
Pellet \times Knowledge	0.22	4.3	-2.44	0.14	1.2	-1.17	0.28	4	-4.00
Pellet \times Environmental friendliness	0.28	5.2	-3.11	0.06	2.3	-0.50	0.22	2.4	-3.14
Interaction terms information sources δ									
Pellet \times From other people	0.05	6.2	-0.56	0.12	7.6	-1.00	0.19	9.6	-2.71
Pellet \times From media	0.05	5.8	-0.56	0.05	0.9	-0.42	0.03	1	-0.43
Pellet \times from organizations	0.09	0.5	-1.00	0.08	0.6	-0.67	0.04	0.5	-0.57

Risultati

Tre segmenti della popolazione, con diverse caratteristiche e propensione all'adozione di sistemi a pellet:

1) Innovatori (26.9%)

- Alta propensione all'adozione di sistemi a pellet
- Alta sensibilità a fattori ambientali (emissioni, utilizzo rinnovabili)

2) Utente media (44.0%)

- Preferenze intermedie verso pellet (< innovatori, > tradizionalisti)
- Alta sensibilità a fattori tecnici ed economici (costi, durata dell'investimento)

3) Tradizionalisti (29.1%)

- Preferenze verso sistemi a carburanti fossili (metano)
- Alta sensibilità ai costi e al rischio

Informazioni sui sistemi a pellet: effetto positivo su tutti i segmenti

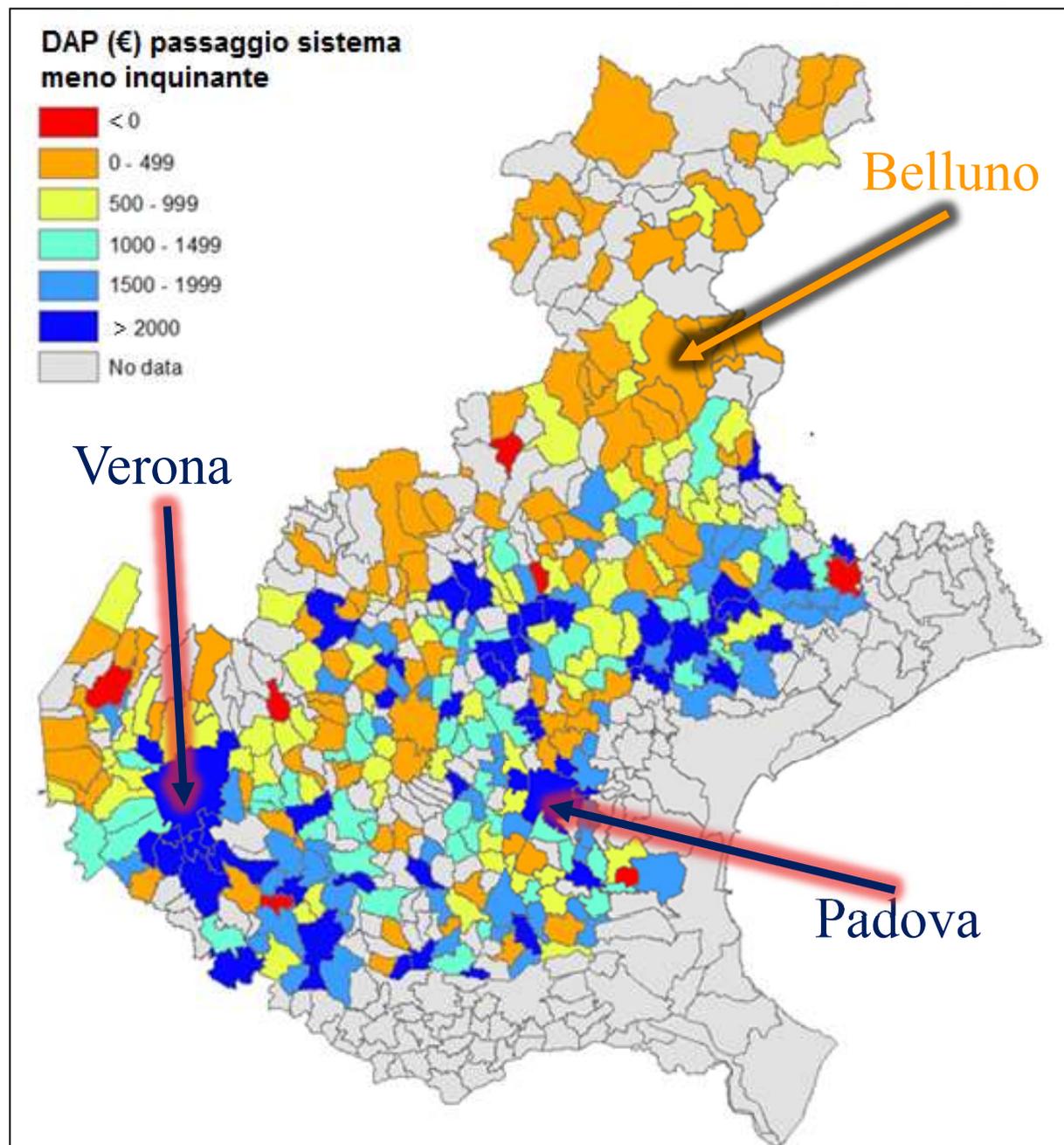
RQ2: Come varia la propensione all'adozione (*disponibilità a pagare*) di sistemi di riscaldamento a basso impatto ambientale nel territorio regionale?

Analisi della variazione della sensibilità alle emissioni di CO₂ in diverse aree della regione.

Definizione delle aree (3 criteri):

- 1) Altitudine
- 2) Reddito medio del comune
- 3) Numero di abitanti del comune

Disponibilità a Pagare (€)
per il passaggio dal
sistema riscaldamento
corrente ad uno con
minori emissioni di CO₂



Risultati

Maggiore propensione all'adozione di sistemi a basso impatto ambientale:

1. in pianura
2. nelle aree a reddito più elevato
3. nelle grandi città e nei comuni limitrofi (aree urbanizzate)